

# FLUID FLOW-FIELDS FOR ELECTROCHEMICAL DEVICES

**Patent number:** JP2004526283T

**Publication date:** 2004-08-26

**Inventor:**

**Applicant:**

**Classification:**

- **international:** (IPC1-7): H01M8/02; H01M8/10

- **european:** H01M8/02C

**Application number:** JP20020568445T 20020227

**Priority number(s):** US20010271638P 20010227; WO2002US07823 20020227

**Also published as:**



WO02069426 (A3)

WO02069426 (A3)

WO02069426 (A2)

EP1466375 (A3)

EP1466375 (A3)

more >>

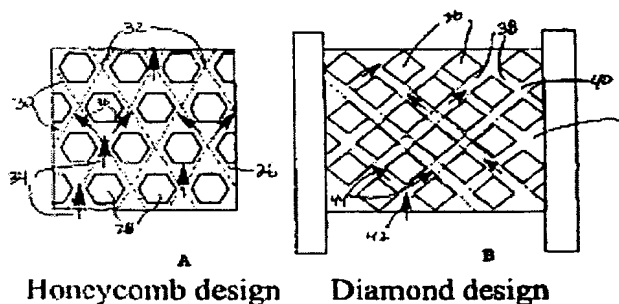
[Report a data error here](#)

Abstract not available for JP2004526283T

Abstract of corresponding document: **WO02069426**

Disclosed is a novel fluid flow field plate for use in a solid polymer electrolyte fuel cell. The flow field plate is made of a suitable electrically conducting material and comprises a substantially planar surface, a flow field formed in said substantially planar surface, said flow field comprising a plurality of staggered lands defining a network of substantially symmetric interconnected orifices and diagonal channels in the flow field and a fluid supply manifold through which fuel and an oxidant are introduced to the flow field and a fluid exhaust manifold through which reaction by-products and excess fuel and oxidant are removed from the flow field. Streams of the fuel, oxidant and reaction by-products are continually separated and diverted into separate channels, and the separated streams are then mixed with streams from adjacent channels in the orifices.

## Flow-Field designs



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-526283

(P2004-526283A)

(43) 公表日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/02	HO 1 M 8/02	5HO 26
HO 1 M 8/10	HO 1 M 8/02	
	HO 1 M 8/02	
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2002-568445 (P2002-568445)  
 (86) (22) 出願日 平成14年2月27日 (2002.2.27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年8月21日 (2003.8.21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/007823  
 (87) 国際公開番号 W02002/069426  
 (87) 国際公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)  
 (31) 優先権主張番号 60/271, 638  
 (32) 優先日 平成13年2月27日 (2001.2.27)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

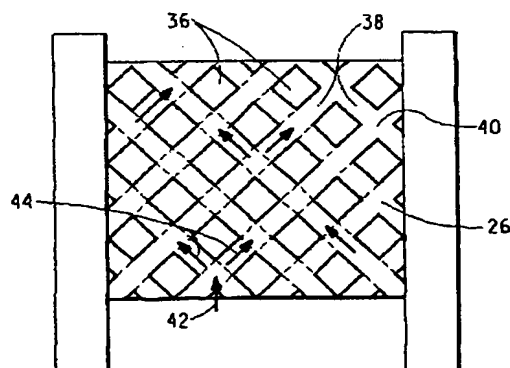
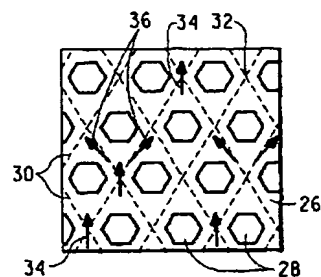
(71) 出願人 390023674  
 イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・  
 アンド・カンパニー  
 E. I. DU PONT DE NEMO  
 URS AND COMPANY  
 アメリカ合衆国、デラウェア州、ウイリミ  
 ントン、マーケット・ストリート 100  
 7  
 (74) 代理人 100060782  
 弁理士 小田島 平吉  
 (72) 発明者 アブドウ, モハメド  
 カナダ・オンタリオ ケイ7ビー2アール  
 4・キングストン・ウッドサイドドライブ  
 727

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学デバイス用流体流れ場

## (57) 【要約】

固体高分子電解質型燃料電池に使用する新規な流体分流板を開示する。この分流板は適切な導電性材料で作製され、ほぼ平面である面と、前記ほぼ平面である面内に形成された流れ場であって、前記流れ場内のほぼ対称な相互接続オリフィスと斜め流路とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山を含む流れ場と、この流れ場へ燃料および酸化剤を導くのに使用する流体供給マニホールドと、前記流れ場から反応副生物と余剰燃料および酸化剤を除去するのに使用する流体排出マニホールドとを含んでなる。燃料、酸化剤、および反応副生物の流れは、連続的に分離され、別の流路に分流され、次に、分離された流れは各オリフィス内の隣接流路からの流れと混合される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プロトン交換膜燃料電池内で使用するための分流板であって、適切な導電性材料で作製され、

(a) ほぼ平面である面と、

(b) 前記ほぼ平面である面内に形成される流れ場であって、前記流れ場内にほぼ対称的な相互接続されたオリフィスと斜め流路とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山を含む流れ場と、

(c) 前記流れ場に燃料および酸化剤を導入するための流体供給マニホールド、ならびに、前記流れ場からの反応副生物と余剰の燃料および酸化剤を除去するための流体排出マニホールドとを含んでなり、

前記燃料、酸化剤、および反応副生物とが連続的に分離されて別流路に分流され、次に、前記分離された流れが前記各オリフィス内の隣接流路からの流れと混合される分流板。

## 【請求項 2】

前記千鳥状の山が六角形の形状である、請求項 1 に記載の分流板。

## 【請求項 3】

前記千鳥状の山の形状が斜めである、請求項 1 に記載の分流板。

## 【請求項 4】

前記各斜め流路のサイズがほぼ等しい、請求項 1 に記載の分流板。

## 【請求項 5】

燃料電池アセンブリであって、

(a) アノードと、

(b) カソードと、

(c) 前記アノードと前記カソードとの間に配置された固体高分子電解質と、

(d) 適切な導電性材料で作製され、

(i) ほぼ平面である面と、

(i i) ほぼ平面である面内に形成された流れ場であって、前記流れ場内のほぼ対称的な相互接続されたオリフィスと斜め流路とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山を含む流れ場と、

(i i i) 前記流れ場に燃料および酸化剤を導入するための流体供給マニホールド、ならびに、前記流れ場から反応副生物と余剰燃料および酸化剤を除去するための流体排出マニホールドと、

を含んでなり、1 対の対向分流板とを含んでなり、

前記燃料、酸化剤、および反応副生物の流れが連続的に分離され、別の流路に分流され、前記分離された流れが前記各オリフィス内の隣接流路からの流れと混合される燃料電池アセンブリ。

## 【請求項 6】

前記千鳥状の山の形状が六角形である、請求項 5 に記載の燃料電池アセンブリ。

## 【請求項 7】

前記千鳥状の山の形状が斜めである、請求項 5 に記載の燃料電池アセンブリ。

## 【請求項 8】

前記斜め流路のサイズがほぼ等しい、請求項 5 に記載の燃料電池アセンブリ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は新しい電気化学的燃料電池に関し、特に、導電板用の流体流れ場の設計に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

燃料電池は、燃料電池に供給される燃料から引き出された化学エネルギーを、燃料が電池

10

20

30

40

50

内で酸化される電気化学プロセスにより直接電気に変換することで電気エネルギーを生成する電池である。燃料電池は一般的に、アノードと、カソードと、電気触媒と、そしてケーシングに収められた電解質とを含む。燃料物質と酸化体はそれぞれアノードとカソードに連続的かつ独立的に供給され、そこで燃料と酸化体は化学反応を起こして利用可能な電流を発電する。電池から反応副生物が回収される。

#### 【0003】

燃料電池の大きな利点は、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換し、例えば、火力発電所で行われるような、炭化水素あるいは炭素質燃料の燃焼などの中間ステップを経る必要が皆無であることである。燃料電池反応器は、単セルまたは複数セルのスタックを含んでいてもよい。いずれの場合も、プロトン導電性膜（電解質）とアノードとカソードとを含む膜電極接合体（MEA）は、複数の機能を果たす2つの非常に導電性の高い分流板の間に挟まれているのが一般である。第一に、これらのプレートは集電体として機能して、燃料電池の電圧端子と電極との間の電氣的保護を提供する機能を果たしてもよい。また、分流板（flow field plates）はこのMEAに機械的支持を提供し、MEA電極の作用面積全体に反応物と水を配分する。これは、MEAの電極と直接接触する各板の側面にインプリントされた流れ場により実現される。燃料電池の性能は、電極への反応物の効率的な搬送と、MEAの均一な加湿と、燃料電池の適正な水分管理、つまり電池作動時に生成される水の供給と排出とに大きく依存することがよく知られている。流れ場設計が反応物の濃度勾配と流量と圧力降下と配水とを制御するため、この流れ場設計は燃料電池の性能に影響を及ぼす。

10

20

#### 【0004】

燃料電池アセンブリはタイロッドとエンドプレートとでまとめられる。流体分流板によって燃料（水素、改質メタノール、または天然ガスなど）をアノードに、酸化剤（空気または酸素）をカソードに供給するために、供給マニホールドがそれぞれ設けられる。余剰の燃料と気体酸化剤と水、そしてカソードで形成された他の副生物を排出するために排出マニホールドが設けられる。

#### 【0005】

複数セル構造では、必要に応じて燃料電池の全体出力を高めるために直列または並列接続の2個以上の燃料電池を含む。このような構成では、電池は直列に接続されるのが一般である。その場合、所与のプレートの片側が1つのセルのアノード電極板となり、また当該プレートの他端が隣接セルのカソード電極板となる、というようになっている。

30

#### 【0006】

流れ場は、MEAの電極に直接接触する各分流板の側面にインプリントされる。この流れ場は、MEA電極の作用面積全体に反応物を分配しまた副生物と水を取り除くための分配／流路を提供する。

#### 【0007】

燃料電池の性能は、各電極への反応物の効率的輸送と、電極からの副生物と水の排出と、そしてセルの適切な流体管理とに大きく依存している。流れ場設計は、反応物の濃度勾配と配分と流量と圧力降下と水／副生物の除去とを制御することから、電気化学的燃料電池の性能に影響を及ぼす。

40

#### 【0008】

最近になって、当業では、メタノールなどの液体燃料を反応物として使用する燃料電池において特に、流れ場設計と反応物流路形状に複数の問題があることが認識された。これらの先行技術設計の主な問題点としては、不十分な燃料流配分、MEA全体の圧力降下の高さ、そして副生物と水の除去不足などが含まれる。

#### 【0009】

従来の流れ場設計は一般的にピン設計または蛇行設計のいずれかを含むのが一般である。ピンタイプの流れ場設計の一例が、（特許文献1）に示されている。ここでは、アノード分流板とカソード分流板がそれぞれピンと呼ばれる突起を有する。燃料はこれらの突起により形成される介在溝を通してアノード板全体へ流れ、同様に、酸化物はカソード分流板

50

内に形成される介在溝の中を流れる。ピンタイプ設計を有する流れ場の他の例は、(特許文献2)に示されている。ピン設計の流れ場は、対応する流れ場全体に渡って反応物の圧力降下は小さくなるが、このような流れ場を流れる反応物は流れ場全体に渡って抵抗が最小の経路をたどる傾向があり、これがチャネリングと停滞領域の形成を起こす原因となる場合がある。そしてその結果、良好なセル性能が得られなくなる。

#### 【0010】

単一蛇行設計を組み込んだ流れ場の例は(特許文献3)に記載されている。(特許文献3)の図2に示す通り、単一の連続流体流路は流れ場板の主要表面内に形成される。反応物は蛇行流路の流体入口から入り、プレートの主要部分を移動した後に流体出口から出る。このような単一の蛇行する流れ場があることで、反応物の流れは対応電極の作用面積全体を横断し、それによって停滞流の領域を排除する。しかし、作用面積全体に渡る反応物のチャネリングの結果、実質的な圧力降下と入口から出口への大きな濃度勾配を引き起こす比較的高流量の反応物の流路長が生じる。また、単一の流路で電極から水生成物をすべて集めると、電流密度が高いときには特に単一蛇行のフラッディングを助長する場合がある。

10

#### 【0011】

(特許文献3)はまた、複数の連続した別流路を有する実施形態を提供することによってこの圧力降下への対応を試みる。複蛇行流路設計は、(特許文献4)の図4に記載されている。

#### 【0012】

20

##### 【特許文献1】

米国特許第4, 769, 297号明細書

##### 【特許文献2】

米国特許第4, 826, 742号明細書

##### 【特許文献3】

米国特許第4, 988, 583号明細書

##### 【特許文献4】

米国特許第5, 108, 849号明細書

##### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

30

#### 【0013】

上記の流路設計は、特にメタノールを反応燃料として使用する燃料電池においては特に一定の欠陥を有する。かかるシステムの副生物は、大量の炭酸ガスと水である。主な欠点としては以下のようなものがある。

一 流れ場全体に及ぶ好ましくない圧力降下。蛇行設計にみるような長くて狭い流路は流路内で高い圧力降下を招く。これらの場合には、反応物を加圧するため高い寄生電力が必要である。

一 流れ場内の停滞流領域。燃料電池の反応速度は、通常、停滞領域で遅くなることから、燃料電池の性能に大きく影響する。停滞領域の形成と存在は、電極の低効率利用につながる。これは、当該反応物が液体であり、副生物が動作条件下で液体反応物に限定的な溶解度を有する気体であるときに発生する。これらの副生物は電極の表面上に吸収されて、作用触媒領域を覆い、および／または流れ場内の反応物の流れを混乱／邪魔する。

40

一 電極のフラッディング。反応物が気相であり、副生物が液体である場合には、セル内の副生物の除去効率が低下して蓄積することから、フラッディングが起きやすくなる。フラッディングが発生すると、電極内の触媒に曝される反応物の量が減少するため、燃料電池の効率が低下する。

一 流れ場全体における反応物の高い濃度勾配。流路が長いことで燃料電池の入口と出口の間には大きな濃度勾配が生じ、また燃料電池全体に不均一な電流が生じる場合がある。

#### 【0014】

これらの問題およびその他の問題は、本発明の流れ場設計により対処される。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

本発明は、斜め流路とオリフィスの組合せを含む流体流れ場を提供する。斜め流路は流れ場の全方向に反応物の燃料を配分するための経路を提供し、入口マニホールドと出口マニホールドとの間の燃料流路の圧力降下を最適化するためのオリフィスを有し、それにより流れの配分と副生物の除去を改善している。

## 【0016】

その結果、適切な導電性材料で作製され、

(a) ほぼ平面である面と

(b) ほぼ平面である面内に形成される流れ場であって、流れ場内にほぼ対称的な相互接続されたオリフィスと斜め流路とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山を含む流れ場と、

(c) この流れ場に燃料および酸化剤を導入するための流体供給マニホールド、ならびに、流れ場から反応副生物と余剰の燃料および酸化剤を除去するための流体排出マニホールドとを含んでなり、

燃料、酸化剤、および反応副生物が連続的に分離され、別の流路に分流され、これらの分離された流れがオリフィス内の隣接流路からの流れと混合される、プロトン交換膜燃料電池に使用する分流板が提供される。

## 【0017】

本発明の第二の実施形態では、

20

(a) アノードと

(b) カソードと、

(c) アノードとカソードの間に配置された固体高分子電解質と、

(d) 適切な導電性材料で作製され、

(i) ほぼ平面である面と、

(i i) ほぼ平面である面内に形成された流れ場であって、流れ場内のほぼ対称的な相互接続オリフィスと斜め流路とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山を含む流れ場と、

(i i i) 燃料および酸化剤を当該流れ場に導入するための流体供給マニホールド、ならびに、流れ場から反応副生物と余剰の燃料および酸化剤を除去するための流体排出マニホールドとを含んでなる、1対の対向分流板とを含んでなり、  
燃料、酸化剤、および反応副生物が連続的に分離され、別の流路に分流され、これらの分離された流れが各オリフィス内の隣接流路からの流れと混合される燃料電池が提供される。

30

## 【0018】

本発明の好適な実施形態は、添付の図面を参照しながら説明され、同じ部品は同じ番号で参照される。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0019】

典型的な燃料電池反応器は単セルまたは複数セルのスタックを含んでいてもよい。いずれの場合も、プロトン導電性膜（電解質）とアノードとカソードとを含む膜電極接合体（MEA）は、2枚の非常に電導性の高い分流板の間にはさまれるのが一般である。カソードとアノードは、カーボンペーパーや布やフェルトなどの導電性材料で作製された多孔性の拡散層と、その多孔性の拡散層に結合された電気触媒とを含む。各電極の電気触媒層は電気触媒粒子とプロトン導電性粒子との混合物を含む。

40

## 【0020】

この分流板は導電性材料で作製されており、できれば非多孔性の原子力用カーボンブロックで作製されるのが好ましい。但し、分流板は、導電高分子、耐食金属、およびグラファイト／高分子のコンポジットなど、他の従来型の導電性材料を使用して作製される。図2に示すように、プレート20は、中心部分24を有するほぼ平面である面22と、この面

50

２２の中心部分２４内に形成された流れ場２６とを含む。図示した実施形態では、分流板２０と流れ場２６は両方とも、従来型の業界標準の流れ場とプレートの代表的な形状である、全体として四角い形状を有することが示されている。但し、この分流板の新しい特徴と、本発明の流れ場が特定の幾何学的形状に限定されるものでないことが理解されるべきである。また、本発明では、図２に示すように、流れ場２６をプレート２０の表面２２の中心に配置する必要がないことが更に理解されるであろう。

#### 【００２１】

図１Ａ、１Ｂ、および２に示すように、本発明は、斜め流路とオリフィスの組合せまたはネットワークを含む流れ場設計を伴う。図１Ａと１Ｂでは、流れ場２６の一部が示されているのに対して、図２ではプレート２０全体と流れ場２６を示している。

10

#### 【００２２】

図１Ａでは、流れ場２６はハニカム設計を形成する複数の千鳥状の六角形の山２８を含む。この八角形の山２８は、流れ場２６内の一連の、または１つのネットワークを形成する斜め流路３０を画定している。六角形の山２８はまた、斜め流路３０と流体連絡した複数のオリフィス３２も画定する。図１Ａの矢印は、流れ場２６内の燃料、酸化剤、および副生物の流れを示す。ここに示した例では、材料の流れは一般的に下から上の方である。

#### 【００２３】

矢印３４は、オリフィス３２内を流れる材料の一部を示している。この材料は次に、この材料が山２８のひとつに遭遇すると、矢印３６に示すように、大体において２つの等しい流れに分離される。そのため、図１Ａの設計では、材料の流れは、当該材料が山２８に遭遇すると、２つの大体において等しい流れに連続的に分けられる。

20

#### 【００２４】

さらに、当該材料が流路３０の中を流れる場合、オリフィス３２に入り、そこでその材料は隣接流路３０を流れる材料と混合される。つまり、図１Ａのハニカム設計では、当該材料（燃料、酸化剤、および副生物）は、山２８に遭遇すると、連続的に分離され２つの流路３０に分流される。次に、それらの分離された流れは、当該材料がオリフィス３２に入ると、隣接流路からの流れと混合される。

#### 【００２５】

図１Ｂに示す実施形態では、流れ場２６は相互接続された斜め流路３８とオリフィス４０とのネットワークを画定する複数の千鳥状の山３６を含む。図１Ｂの例の材料の流れも、一般的には下から上への方である。矢印４２は、山に遭遇して２つのほぼ等しい流れ４４に分けられた材料の流れを示す。分けられた流れは、各々の流路３８の中を流れて、オリフィス４０のところで出会い、そこで当該材料は隣接流路からの材料と混合される。したがって、この例では、材料の流れもまた、山３６に遭遇した時点で連続的に分離され、２つの流路３８に分流され、その後、分離された流れは、当該材料がオリフィス４０に入る時点で隣接流路からの流れと混合される。

30

#### 【００２６】

図２では、ほぼ平面である面２２を有し、その面２２の中心部分２４内に流れ場２６が配置された、プレート２０の全体が示されている。図１Ａに示すものに類似した、ハニカム設計の流れ場パターンが図２に示されている。このプレートは流体入口流路５２の起点となる流体供給マニホールドを更に含む。反応物（燃料と酸化剤）はマニホールド５０に入り、この反応物の流れは分離され、複数の入口流路５２へ振り向けられる。入口流路５２から、反応物は次に、斜め流路５４と、複数の八角形の山５８により画定されるオリフィス５６とのネットワークに入る。

40

#### 【００２７】

これらの反応物は、流れ場２６に入ると、反応および副生物の生成を開始する。燃料、酸化剤、および副生物の流れは、流れ場２６全体において一般的に下から上の方へ継続する。流れ場２６の出口には、余剰となった燃料、酸化剤、および副生物を除去するための流体排出マニホールド６２と流体連絡した複数の出口流路６０が設けられる。

#### 【００２８】

50

これらの材料は、入口（下）から出口（上）へと流れ場 26 の中を移動し、山に遭遇すると、連続的に分離されて 2 つの流路へと分流され、その後、分離された流れは、材料がオリフィス 56 に入ると隣接流路 54 からの流れと混合される。この連続的な分離と再混合は、流れ場 26 の表面全体にほぼ均等に反応物を配分し、またそこから副生物を除去する上で効果的である。

#### 【0029】

つまり、本発明の流れ場設計においては、斜め流路は、流れ場内の全方向に燃料反応物、酸化剤、そして副生物を配分するための経路と、入口マニホールドと出口マニホールドとの間の流体流路内における圧力降下を最適化して流れ場と副生物の除去を改善するためのオリフィスとを提供する。

10

#### 【0030】

斜め流路はまた、反応物を電極の触媒表面上に均一に配分するための経路を提供する。これらの流路の平均経路長はほぼ等しいため、流れ場の各部分は同じ流れ条件と圧力降下とに曝される。各オリフィスは、各反応物の混合と副生物の除去を改善するためのプッシュプルメカニズムをつくるベンチュリ効果により区別される。

#### 【0031】

斜め流路とオリフィスは複数の千鳥状の山によって流れ場内に定義される。千鳥状の山は六角形の形状であるのが好ましい（図 1 A および 2 とを参照）。但し、菱形などの他の形状（図 1 B を参照）も考えられる。

#### 【0032】

更に、流れ場設計は、燃料電池動作時の流れ場に燃料と酸化剤を供給する上で効果を発揮する複数の供給マニホールドおよび流路と、流れ場から排出される余剰の燃料、酸化剤、そして副生物を受けるのに効果的な複数の排出マニホールドと流路とを含む。

20

#### 【0033】

図 3 および 4 は、本発明の典型的な流れ場内の理論上（経験上）の圧力降下と圧力勾配を示す。いずれの場合においても、二相流が想定されている。つまり、燃料としては液体メタノール、そして副生物としては二酸化炭素の二相流が想定された。

#### 【0034】

結果として、本発明の流れ場設計は、燃料電池の動作中、液体燃料または気体酸化剤を搬送するのに有効であることが判明した。本発明は、

30

- ・電池内部の最適な圧力降下と（つまり、本発明は燃料電池の圧力降下と性能との最適なバランスを提供する）
  - ・燃料電池内の均一な圧力降下と、
  - ・電池内の最小停滞領域と、
  - ・圧力降下を最小化する、プレート全体における燃料配分の改善と、
  - ・副生物除去の改善と、
  - ・燃料電池性能の改善、つまり先行技術システムと比較してより良好なシステム性能と、
- を提供する。

#### 【0035】

本発明は、複数の千鳥状の山によって画定される相互接続された流路とオリフィスとのネットワークを含む新しい流れ場設計を提供する。各流路は線形かつ互いに斜めに配置され、オリフィスは波形となるよう配置されるのが一般的である。これらの流路は、横／縦の流路による流れの連絡により互いに相互接続される。

40

#### 【0036】

流れ場設計は、プッシュプル方式により流体の流れを常に維持し、材料の流れを混乱させる可能性のある気泡の形成を阻止するために圧力降下を低下させる複数のオリフィスと流路の形成に基礎を置いている。これらの流路は、燃料と酸化剤の均一な分配を確保し、流れ場における停滞領域の形成の可能性を低減するために斜め構成に配置される。上記要件のほとんどを満足させる好適な設計は、図 1 に示す菱形設計とハニカム設計などを含む。使用可能な他の設計としては、各オリフィスと斜め流路を組み合わせた八角形その他の多

50



角形構造を含む。

【0037】

本発明をその好適な実施形態に関して図示および説明してきたが、当業者であれば、添付の特許請求の範囲に定義される本発明の内容と範囲から逸脱することなく、他の変更、修正、追加、および省略が可能であることを理解するであろう。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】 本発明の流れ場設計の2つの例を示す。

【図2】 本発明の典型的な流れ場、つまりハニカム設計を示す。

【図3】 図2の流れ場における反応物（液体メタノールと炭酸ガス）の圧力降下を示す。

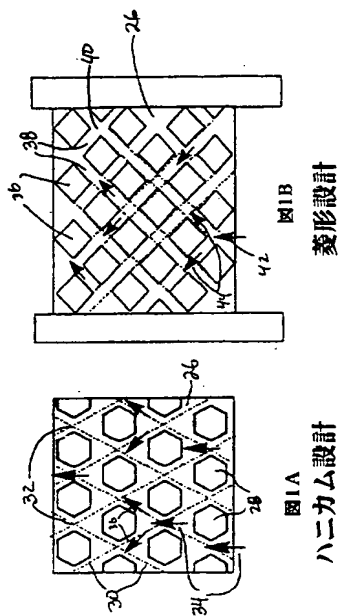
【図4】 図2の流れ場の2段階圧力勾配（液体メタノールと炭酸ガス）を示す。

10

【図1】

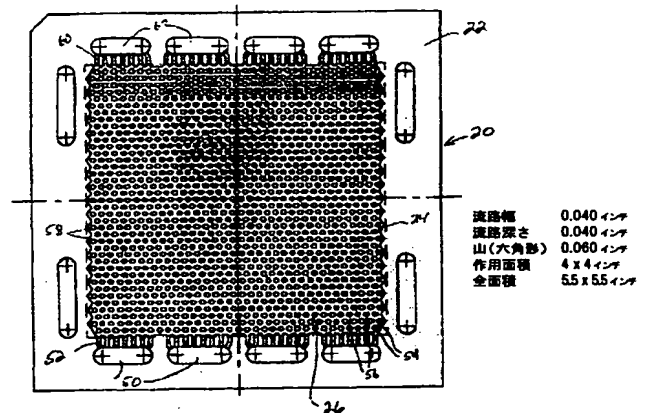
流れ場設計

図1

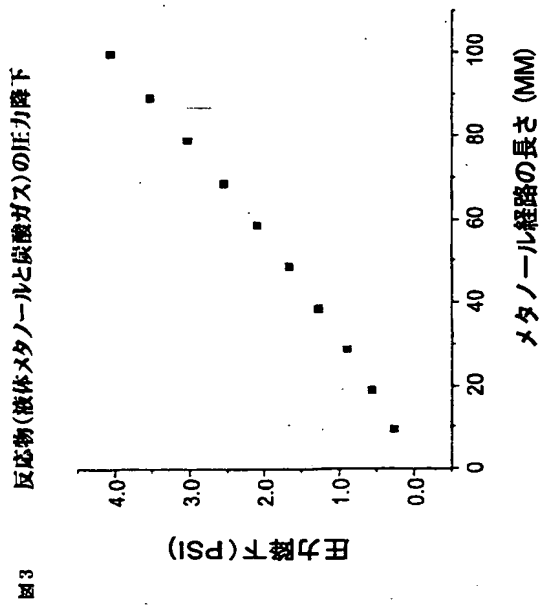


【図2】

図2 ハニカム流れ場設計



【図 3】



【図 4】

